

Revista Brasileira de Fisiologia do exercício 2018;17(1):3-9

ARTIGO ORIGINAL

Estudo da correlação entre a força muscular, composição corporal e a insulinemia *Muscular strength, body composition and insulinemia*

Eduardo Hippolyto Latsch Cherem*, Paulo Vanderlei Périco Júnior**, Fernando Petrocelli de Azeredo***, Leonardo Chrysostomo dos Santos***

Escola Municipal Ginásio Medalhista Olímpico Thiago Braz da Silva, **Academia Body Club Petrópolis, Petrópolis/RJ, *Laboratório de Fisiologia do Exercício da Universidade Estácio de Sá, LAFIEX, nos campi Nova Iguaçu e Petrópolis II – RJ*

Recebido em 6 de dezembro de 2017; aceito em 29 de dezembro de 2017.

Endereço para correspondência: Eduardo Hippolyto Latsch Cherem, Rua Dr Mário Viana, 400/3ª Santa Rosa 2424-002 Niterói RJ, E-mail: cheremehl@gmail.com; Paulo Vanderlei Périco Júnior: pericojunior@ig.com.br; Fernando Petrocelli de Azeredo: fpetrocelli@uol.com; Leonardo Chrysostomo dos Santos: leochrysostomo@terra.com.br

Resumo

A obesidade é um dos maiores problemas de saúde pública, devido a sua grande e crescente abrangência mundial e as doenças a ela associada, como as cardiovasculares, diabetes do tipo 2, dentre outras. Este fenômeno da crescente obesidade e suas comorbidades não se explica pelo cruzamento Mendeliano e nem pela teoria evolucionista de Darwin. A leptina, hormônio secretado principalmente pelos adipócitos e descoberto recentemente, está na base de sustentação teórica para a explicação deste evento. Autores sugerem que uma resistência hipotalâmica a leptina pode alterar negativamente a saciedade e taxa metabólica basal (TMB), fazendo com que os indivíduos ganhem muita gordura e apresentem altas concentrações de leptina no sangue. O treinamento de força é conhecido por aumentar a TMB, por diversos fatores ajudando de forma decisiva no emagrecimento e, portanto, pode estar relacionado com uma baixa concentração de leptina no sangue. O objetivo deste estudo foi observar possíveis correlações entre variáveis antropométricas [porcentagem de gordura (%gord), massas corporal magra (MCM) e muscular (MM), VO_2 e força muscular (FM)] e a insulina sérica. Participaram 5 homens adultos jovens saudáveis, sedentários. Foram utilizados: força-média do teste de 10 repetições máximas para supino reto, puxada dorsal baixa e leg press. Insulina por radioimunoensaio; glicemia plasmática por colorimetria enzimática; amostras coletadas em jejum. Os dados estão expostos como média \pm erro padrão; coeficiente de correlação de Pearson; teste “t” de Student, sendo aceito um $p \leq 0,05$ como significativo. Média \pm erro padrão das variáveis: Porcentual de Gordura = $23,2 \pm 2,8$; Insulina = $3,5 \pm 1,8$ ng/dl; Força = $163,6 \pm 17,2$ kg. Correlações para com a insulina: Porcentagem de Gordura: $r = 0,226$; Força Muscular: $r = -0,834$; $p < 0,001$ para ambas. Os resultados sugerem fortemente que o treinamento da força muscular pode atuar no controle da insulinemia sérica.

Palavras-chave: porcentagem de gordura corporal, insulina, força muscular.

Abstract

Obesity is one of the major public health problems, due to its great and growing worldwide prevalence and its co-morbidities, like type 2 diabetes, cardiovascular diseases, and other. This phenomenon cannot be explained by Mendel and/or Darwin theories. Leptin is a mainly hormone-secreted by adipocytes, recently discovered, and supports the theoretical basis of the explanation of this event. Authors suggest that a hypothalamic leptin resistance would negatively alter satiety and basal metabolic rate (BMR), causing fat gain and high leptin concentrations in the blood. Strength training is known for increasing the BMR, due to a lot of factors, and to improve serum glucose control, which help people to loose weight and can be correlated with low levels of blood insulin. The aim of this study was to evaluate possible correlation between body composition, strength and serum insulin. Five sedentary young men participated in this study. The tests used were: Average strength – maximum 10 repetitions to chest-press, dorsal pull down and leg press. Insulin radioimmunoassay, enzymatic colorimetric assay for glucose, fasting samples collected. Data are expressed as mean \pm standart error; Pearson's Correlate coefficient was evaluated; Student test “t” was measured, and a $p \leq 0.05$

was considered as a significant. Body fat percentage = 23.2 ± 2.8 ; Insulin = 3.5 ± 1.8 ng/dl; Strength = 163.6 ± 17.2 kg. The Correlation for insulin: body fat percentage: $r = 0.226$; Muscular Strength: $r = -0.834$; $p < 0.001$ for both. The results suggest strongly that strength training could control serum insulin.

Key-words: body fat percentage, insulin, muscular strength.

Introdução

Uma das principais preocupações dos governos de diversos países está centrada na saúde pública. Isto é justificado uma vez que o impacto econômico nesta área chega a ser a principal fonte de gastos públicos, além de aumentar a morbidade social, muitos dos problemas de saúde pública podem ser razoavelmente bem controlados/evitados através de medidas simples e de baixo custo [1-4].

Dentre as grandes morbidades contemporâneas, a obesidade tem papel central, sendo considerada como a epidemia do século vinte e um [5].

Caracterizada como uma doença metabólica do balanço energético, a obesidade é uma doença onde o *setpoint* entre ingestão e gasto de energia está descontrolado de forma a poupar grandes somas de energia sob a forma de gordura, especialmente subcutânea e perivisceral, esta última apresentando uma maior associação com o desenvolvimento de uma série de doenças crônicas degenerativas [6-9].

As doenças metabólicas cujo desenvolvimento está associado ao desenvolvimento da obesidade se apresentam em grande escala, causando um enorme impacto aos cofres públicos e especialmente, legando um mal pernicioso aos indivíduos, incluindo o óbito [2,9,10].

O leque de doenças as quais a obesidade expõe os indivíduos é extremamente variado, por exemplo, a infertilidade, notadamente a masculina, vários tipos de doenças neurodegenerativas, uma série de espécies de câncer como os de mama, colo de útero, próstata e outros [8,9,11,12]. Um grupo especial de doenças cujo desenvolvimento também está ligado ao da obesidade é o das doenças cardiovasculares, como a hipertensão arterial sistêmica, infarto do miocárdio, acidente vascular encefálico, aterosclerose, dentre outras [1,8,9].

Devemos fazer considerações especiais sobre a hipertensão arterial sistêmica, definida como aumento crônico da pressão arterial sistêmica, acima dos níveis considerados normais, que aumenta exageradamente a chance do desenvolvimento de uma série de morbidades, como o infarto do miocárdio e o acidente vascular encefálico, o que pode gerar uma série de sequelas incapacitantes, além de expor o indivíduo a processos cirúrgicos e morte [8,9,14].

No Brasil a hipertensão arterial sistêmica está envolvida em 40% das mortes por doença cerebrovascular e em 25% das mortes por doença coronariana. Em 2005, foram 1.180.184 internações relacionadas com a doença cardiovascular. Além dos fatos descritos acima, ainda no Brasil, a hipertensão arterial sistêmica é a primeira causa de aposentadoria [15,16].

Outra doença que não pode ser desconsiderada do contexto aqui apresentado é o diabetes mellitus. Com fortíssima associação ao conteúdo de massa gorda, a ação insulina sofre um impacto negativo, de forma a desenvolver resistência periférica a sua ação, de forma notável no tecido muscular estriado esquelético. Esta resistência a insulina, se não tomada as devidas medidas para o seu controle, pode evoluir para um quadro de diabetes do tipo 2, não insulino dependente [1,5,8,14]. Uma vez estabelecido o quadro de diabetes, podem ocorrer uma série de perturbações no funcionamento normal do organismo, como a própria hipertensão, doença arterial periférica, doenças neurodegenerativas, dentre outras, além de potencializar o risco de infarto do miocárdio, com especial expressão nas mulheres [1,17,18].

Historicamente vários estudos têm demonstrado que a atividade física é um eficiente meio para o controle ponderal. A maior parte destes estudos abordam a relação da atividade física de *endurance* e a perda de massa gordurosa e/ou a manutenção de baixos índices de adiposidade [1,19-23].

Dentre as adaptações ao treinamento de *endurance* que proporcionam o emagrecimento, a modulação endócrina aparece como um dos principais mecanismos, principalmente na sua relação com o aumento da sensibilidade à insulina e o controle da leptina [1,24-26].

A leptina é um polipeptídico liberado, principalmente, pelo tecido adiposo e é considerado como o principal responsável pelo controle da saciedade, estando, dessa forma, diretamente implicado no desenvolvimento da obesidade. Sua ação antagônica à insulina

também está implicada no desenvolvimento da síndrome da resistência à insulina, diabetes melitus do tipo 2, doenças cardiovasculares, dentre outros estados mórbidos, além de estar envolvida no fenômeno de desenvolvimento da resistência hipotalâmica a leptina, fenômeno este, responsável pela alteração do padrão de ativação da fome e da saciedade e tem sua ação associada fortemente a ação da insulina, tanto na sensibilização periférica, do músculo esquelético, a insulina e ao controle glicêmico, bem como sua ação central, no sistema nervoso, sobre o controle da saciedade [1,5,7,8,14,27,28].

A relação da interação insulina/leptina é tida como a base da explicação para os fenômenos abordados anteriormente, que ligam o desenvolvimento da obesidade as diversas condições de saúde adversa descritas acima. Portanto o aumento da gordura corporal altera o equilíbrio endócrino, que altera algumas funções chave, como a ação da insulina e o controle de fome e saciedade, que acaba por gerar um ciclo vicioso, aumentando a gordura corporal, a leptinemia, diminuindo a saciedade e a ação periférica da insulina atua no desenvolvimento de uma série de doenças, aumentando a gordura corporal e assim por diante [1,5,7,8,14,18,27-29].

Apesar de crescentes evidências demonstrando a importância do treinamento de força na diminuição da porcentagem de gordura corporal e sua relação com a modulação endócrina de alguns hormônios, como a testosterona e a insulina, pouco se sabe sobre sua relação com o controle endócrino da leptina [1,24,30,31].

Acreditamos que o trabalho físico, incluindo (e especialmente) o treinamento de força muscular de alta a altíssima intensidade, conhecido popularmente como musculação, pode alterar a relação insulina/leptinemia, através da ação positiva sobre a liberação de insulina e sobre o aprimoramento da sensibilidade do tecido muscular esquelético a sua ação, além de promover a redução dos estoques de gordura corporal, tanto subcutânea, quanto perivisceral.

Portanto, tendo em vista o plano de fundo apresentado até aqui, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a correlação entre a força muscular, composição corporal e a insulinemia de indivíduos adultos jovens destreinados do sexo masculino.

Material e métodos

Amostra

Foram utilizados como amostra, cinco homens, voluntários, com idade entre 25 e 33 anos de idade, que assinaram o termo de compromisso de acordo com a resolução 196 do Conselho Nacional de Saúde do ano de 1996.

Todos os indivíduos eram saudáveis na época da participação do estudo.

Este projeto possui permissão do Sistema Nacional de Ética em Pesquisa, SISNEP, para coleta de dados envolvendo humanos, sob cadastro CAAE - 0113.0.308.000-07.

Procedimentos para coleta de dados

A coleta dos dados de composição corporal foi feita no laboratório de Fisiologia do Exercício do Departamento de Educação Física do Campus Petrópolis II, da Universidade Estácio de Sá, utilizando balança, estadiômetro e computador devidamente equipado. A coleta dos dados de condicionamento de força foi realizada no SESI Petrópolis.

Para a medida do condicionamento físico em força foi feita uma média da carga máxima para testes de 10 repetições máximas (RMs) em 3 exercícios (Supino, Puxada Dorsal Baixa e *Leg Press*).

Para a composição corporal foi usada a predição da porcentagem de gordura corporal, massa corporal em massa livre de gordura e massa muscular por impedância bioelétrica (marca: Plenna Especialidade Ltda., modelo: Slim Mea 02510, com precisão de 0,1 para peso, percentual de gordura e massa muscular).

As amostras de sangue foram coletadas no laboratório Saddy Diagnósticos, localizado na cidade de Niterói/RJ, onde foi dosada a insulina e a leptina por radioimunoensaio.

A frequência cardíaca, pressão arterial sistêmica e sensação de desconforto e cansaço foram monitorados constantemente. Não foi relatado qualquer problema por parte dos avaliados durante os testes físicos de força.

Análise dos dados

Todos os dados estão expressos como média mais ou menos erro padrão da média. Foi realizada a análise da correlação de Pearson (r) para a insulina contra as seguintes variáveis, força, porcentagem de gordura, massa magra e massa muscular.

O teste “t” de Student pareado par a par, onde foi considerado como significante as correlações com um $p < 0,05$, como descrito por Yokoyama *et al.* [31].

Foi usado o programa estatístico Excel para Windows para o cálculo das variáveis.

Resultados

Os indivíduos utilizados nesta pesquisa apresentaram valores antropométricos bem diferentes entre si, para as variáveis avaliadas. O resultado para cada uma das avaliações antropométricas está descrito na tabela I e ficaram da seguinte forma: a força muscular demonstrou uma média de 163,6 kg de carga, com um erro padrão de 17,2 kg; a porcentagem de gordura apresentou um escore $23,2\% \pm 2,8\%$; a massa corporal magra apresentou uma taxa média de $63,2 \text{ kg} \pm 1,8 \text{ kg}$; o resultado médio dos avaliados para massa muscular atingiu um valor de $34,5 \pm 1 \text{ kg}$.

Tabela I - Resultado da antropometria para cada indivíduo, mais média e erro padrão para cada variável.

Variáveis / Indivíduos	1	2	3	4	5	Media	DP
Força (kg)	144,6	152	190	166	86,6	163,6	17,2
% Gordura	23	23,7	14,9	31,4	28	23,2	2,8
Massa magra (kg)	58	60,9	65,7	68,2	63,9	63,2	1,8
Massa muscular (kg)	32,2	34,3	33,3	38,4	35	34,5	1
Insulina (ng/ml)	2,3	3,5	1,5	6,8	11,4	3,5	1,8
Leptina (ng/ml)	6,8	1,1	0,9	8	10,2	4,2	1,9

DP = desvio padrão.

O exame da leptina demonstrou uma variação individual grande, quando realizada a média dos valores dos indivíduos implicados neste estudo, onde a média foi de $4,2 \pm 1,9 \text{ ng/ml}$ (valores expressos na tabela I).

Com relação aos dados da correlação de Pearson, descritos na tabela II, observamos que a correlação mais expressiva foi encontrada entre a insulina e a força muscular ($r = 0,834$). A correlação foi fraca demonstrada com a porcentagem de gordura (e a insulinemia), demonstrando um $r = 0,226$. As outras correlações, entre a insulina e as massas magra e muscular foram muito fracas, não alcançando um $r = 0,1$ ($r = 0,017$ e $0,076$, respectivamente). O teste “t” revelou extrema significância das correlações, com um $p > 0,001$ para todas as correlações apresentadas neste trabalho.

Discussão

Este trabalho teve como objetivo principal observar a relação entre a força muscular e a insulinemia de indivíduos adultos jovens, aparentemente saudáveis e destreinados. Adicionalmente nos preocupamos com a relação entre outras variáveis que tem reconhecida influencia sobre a insulinemia, como os conteúdos de massa muscular e, mais especificamente, o de gordura corporal e da leptina plasmática.

É importante que se destaque que apesar dos dados obtidos com certas populações não terem uma exata transferência para outras populações, como é o caso do presente estudo, as relações observadas aqui não devem ser extrapoladas sem as devidas proporções para populações que apresentem distúrbios no controle glicêmico. De qualquer forma, nossos resultados apontam em uma direção que deve ser tomada para a profilaxia destes problemas, bem como corroboram vários estudos que indicam o exercício físico, incluindo o treinamento de força, para indivíduos que possuem distúrbios do controle glicêmico, como indivíduos obesos, resistentes a insulina e diabéticos do tipo 2 [1,8,9,17,18,21-26,31].

O nosso grupo de estudo tem se preocupado em investigar como certas medidas não farmacológicas, especificamente o treinamento físico regular, podem ajudar a controlar o

progresso e até mesmo reduzir o impacto de uma série de morbidades, crescentes de forma alarmantes nas últimas décadas, como a obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes mellitus do tipo 2 [1,2,24,32,33].

Tabela II - Resultado das correlações de Pearson entre a insulinemia e a força muscular, porcentagem de gordura corporal, massa magra e massa muscular. E teste "t" de Student.

	Insulina	P
Força	- 0,834	
Porcentagem de gordura	0,226	> 0,001
Massa magra	0,017	
Massa muscular	0,076	
Leptina	0,793	

Ainda assim, o conhecimento de como é o ambiente interno de indivíduos "controle", bem como sua resposta imediata a diversas modalidades de exercício físico é conveniente.

O principal resultado encontrado foi uma negativa, fortíssima e significativa correlação entre a força muscular e a insulinemia ($r = -0,834$; $p \pm 0,001$). Nossa amostra foi composta por indivíduos saudáveis, o que indica que sua resposta insulinêmica a diversos estímulos metabólicos estão intactos, o que pode não ocorrer em diabéticos e indivíduos resistentes à insulina.

Adicionalmente, não foi realizada medida da insulinemia aguda pós-exercício, apenas foi verificada uma possível relação de normalidade entre força muscular e insulinemia, o que se mostrou um dado positivo. Este resultado indica que em situação de normalidade a insulina de jejum se apresenta diminuída conforme é maior a força muscular do indivíduo.

Diversos trabalhos têm demonstrado que mesmo em diabéticos os exercícios de alta a altíssima intensidade com pesos, provocam aumento a insulinemia, o que põe mais uma vez esta qualidade física, a força muscular, ou mesmo o treinamento desta, e principalmente este, como um foco a ser utilizado por vários indivíduos no controle da saúde [9,17,25,26,34,35].

A relação entre a gordura corporal e a insulina de jejum normalmente é positiva e forte quando analisada em indivíduos com resistência a insulina e/ou diabetes mellitus do tipo 2. Talvez, por nossa amostra se apresentar aparentemente saudável na ocasião da coleta de dados, não tenhamos observado uma correlação entre essas duas variáveis (massa de gordura e insulina plasmática de jejum), que não fosse fraca, mas significativa ($r = 0,226$; $p \leq 0,01$). Ainda que aparentemente saudáveis, os voluntários de nosso estudo apresentaram uma alta porcentagem de gordura, apesar de estar dentro da normalidade. Este fato pode ter sido o responsável pela correlação não ter sido fraquíssima e ainda negativa, mesmo que fraquíssima, é o que esperamos encontrar em populações com as mesmas características gerais que nossa amostra, exceto por um baixo percentual de gordura corporal.

As correlações entre a insulina e as massas magra e muscular não apresentaram uma correlação expressiva, sendo fraquíssimas, embora significativas ($r = 0,017$ e $r = 0,076$, respectivamente; $p \leq 0,01$, para ambas).

Mais uma vez, por nossa amostra tratar de indivíduos destreinados, as massas magra e muscular estão dentro de limites fisiológicos normais esperados para atividades do cotidiano, o que não exigem um alto grau de execução de força, ou grande quantidade de massa muscular, mas acreditamos que, caso essa amostra fosse submetida a um período de treinamento de força suficiente para implementar cerca de 2 kg de massa muscular, poderíamos observar correlações negativas, fortes e significativas com a insulina, uma vez que são vários os estudos que já demonstram este fenômeno de forma bem consistente.

Conclusão

A força muscular apresentou na amostra estudada uma correlação negativa, forte e significativa, o que indica que o aumento da força muscular pode reduzir a insulinemia de jejum.

Com isso a metodologia de treinamento de força pode ser indicada no controle e profilaxia dos distúrbios ligados a resistência a insulina, como o diabetes mellitus do tipo 2.

Futuros estudos devem estudar as adaptações sobre a bioquímica plasmática e o sistema endócrino, como ações decorrentes do treinamento força, especialmente em estudos longitudinais que utilizem maior número amostral.

Referências

1. Cherem EHL. Obesidade, causas e consequências evidências de um estudo experimental. Letônia: Novas Edições Acadêmicas; 2017. p.88.
2. Cherem EHL, Petrocelli FA, Prata IC, Favre AS, Sá CCNF. Associação entre resistência de força muscular e queda de idosos institucionalizados de Petrópolis – RJ. *Coleção Pesquisa em Educação Física* 2008;7(3).
3. Carter ND, Kannus P, Khan KM. Exercise in the prevention of falls in older people: a systematic literature review examining the rationale and the evidence. *Sports Med* 2001;31(6):427-38.
4. OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde – OMS. Envelhecimento ativo: uma política de saúde. Brasília: OPAS; 2005.
5. World Health Organization. Obesity: preventing and managing the global epidemic. Geneva: World Health Organization; 1998.
6. Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica. Diretrizes Brasileiras de Obesidade 2016. 4ª. Ed. São Paulo: Associação Brasileira para o Estudo da Obesidade e da Síndrome Metabólica; 2016.
7. Moura AS, Sá CCNF, Cruz HG, Costa C. Malnutrition during lactation as a metabolic imprinting factor inducing the feeding pattern of the offspring when adults. The role of insulin and leptin. *Braz J Med Biol Res* 2002;35:617-22.
8. Pinto S, Roseberry AG, Liu H, Diano S, Shanabrough M et al. Rapid rewiring of accurate nucleus feeding circuits by leptin. *Science* 2004;304:110-5.
9. Peccin S. É possível evitar a recuperação do peso após o emagrecimento? *Int J Nutrol* 2016;9(1):140-3.
10. Souza GES, Prudenciatto MR, Tanaka RS, Martelli A, Delbim LR. Exercícios físicos como ferramenta de enfrentamento às comorbidades associadas à obesidade: revisão da literatura. *Arch Health Invest* 2016;5(2):112-9.
11. Chiara V, Sichieri R, Martins PD. Sensibilidade e especificidade de classificação de sobrepeso em adolescentes, Rio de Janeiro. *Rev Saúde Pública* 2003;37(2):226-31.
12. Montanha-Rojas EA, Ferreira AA, Tenório F, Barradas PC. Myelin basic protein accumulation is impaired in a model of protein deficiency during development. *Nutr Neurosci* 2005;8(1):49-56.
13. Teixeira CV, Silandre D, Souza SAM, Delande C, Sampaio FJ, Carreau S, Ramos FC. Effects of maternal undernutrition during lactation on aromatase, estrogen, and androgen receptors expression in rat testis at weaning. *J Endocrinol* 2007;192(2):301-11.
14. Faria TS, Brasil FB, Sampaio FJ, Ramos CF. Maternal malnutrition during lactation alters the folliculogenesis and gonadotropins and estrogen isoforms ovarian receptors in the offspring at puberty. *J Endocrinol* 2008;198(3):625-34.
15. Arruda LM, Oliveira JM, Cotta RMM, Ribeiro, SMR. Perfil socio-sanitário de portadores de hipertensão arterial cadastrados na Estratégia de Saúde da Família, Divinésia, Minas Gerais. *Rev APS* 2015;18(1):78-84.
16. Farinatti PTV, Oliveira RB, Pinto VLM, Monteiro WD, Franscischetti E. Programa domiciliar de exercícios: efeitos de curto prazo sobre a aptidão física e pressão arterial de indivíduos hipertensos. *Arq Bras Cardiol* 2005;84(6):473-9.
17. Andrade SSA, Stopa SR, Brito AS, Chueri OS, Szwarcwald CL, Malta DC. Prevalência de hipertensão arterial autorreferida na população brasileira: análise da Pesquisa Nacional de Saúde, 2013. *Epidemiol Serv Saúde* 2015;24(2):297-304.
18. ACSM. Position Stand: Exercise and Type 2 Diabetes: American College of Sports Medicine and the American Diabetes Association Joint Position Statement. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 2010.
19. Ribeiro AM, Lima MC, Lira PIC, Silva GAP. Baixo peso ao nascer e obesidade: associação causal ou casual? *Rev Paul Pediatr* 2015;33(3):340-8.
20. Cherem EHL, Azeredo FP, Santos LC. Alteração do VO₂máx e da porcentagem de gordura de atletas de futebol profissional em função do treinamento de pré-temporada. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício* 2017;16:54-60.
21. Donnelly JE, Blair SN, Jakicic JM, Manore MM, Rankin JW, Smith BK. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(2):459-71.

22. McSwiney FT, Wardrop B, Hyde PN, Lafountain RA, Volek JS, Doyle L. Keto-adaptation enhances exercise performance and body composition responses to training in endurance athletes. *Metabolism* 2018;81:25-34.
23. Verreijen AM, Engberink MF, Memelink RG, van der Plas SE, Visser M, Weijs PJM. Effect of a high protein diet and/or resistance exercise on the preservation of fat free mass during weight loss in overweight and obese older adults: a randomized controlled trial. *Nutr J* 2017;16(1):10.
24. Cherem EHL, Chrysostomo LS, Petrocelli FA, Sá CCNF. Alteração da testosterona, cortisol, força e massa magra após 20 semanas como resposta a três metodologias de treinamento de força. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício* 2014;13(4):188-96.
25. Kristensen MM, Davidsen PK, Vigelso A, Hansen CN, Jensen LJ, Jessen N et al. MiRNAs in human subcutaneous adipose tissue: Effects of weight loss induced by hypocaloric diet and exercise. *Obesity* 2017;25(3):572-80.
26. Plegemann A, Harder T, Rake A, Voits M, Fink H, Rohde W, Dorner G. Perinatal elevation of hypothalamic insulin, acquired malformation of hypothalamic galaninergic neurons, and syndrome x-like alterations in adulthood of neonatally overfed rats. *Brain Res* 1999;836(1-2):146-55.
27. Antunes A, Cardoso DS, Paula CS. Efeito da *Ilex paraguariensis* a. St. Hil. (Erva Mate) no controle da obesidade. *Visão Acadêmica* 2018;18(1).
28. Walsh JM, Byrne J, Mahony RM, Foley ME, McAuliffe FM. Leptin, fetal growth and insulin resistance in non-diabetic pregnancies. *Early Human Development* 2014;90(6):271-4.
29. Berger CG. Influence of resistance training on metabolism. *ACSM's Certified News* 14, 2004.
30. Swift DL, Johannsen NM, Lavie CJ, Earnest CP, Church TS. The role of exercise and physical activity in weight loss and maintenance. *Prog Cardiovasc Dis* 2014;56(4):441-7.
31. Yokoyama H, Hirose H, Ohgo H, Saito I. Association among life-style, serum adiponectin level and insulin resistance. *Int Med* 2004;43(6):453-7.
32. Cherem EHL, Chrysostomo LS, Sá CCNF, Petrocelli FA. Comparação do equilíbrio em idosas praticantes e não praticantes de Tai Chi Chuan. *Fisio&terapia* 2013;26:66.
33. Cherem EHL, Silva DC, Petrocelli FA, Chrysostomo LS. Análise do perfil antropométrico de idosas participantes de programa de condicionamento físico na cidade de Nilópolis/RJ. *Revista Brasileira de Fisiologia do Exercício* 2017;16:10-15.
34. Terada S, Yokozeti T, Kawanaka K, Ogawa K, Higuchi M, Ezaki O, et al. Effects of high-intensity swimming training on GLUT-4 and glucose transport activity in rat skeletal muscle. *J Appl Physiol* 2001;90:2019-24.
35. Ishii T, Tetsuya Yamakita, Toshihiko Sato, Shiro Tanaka, Satoru Fujii. Resistance training improves insulin sensitivity in NIDDM subjects without altering maximal oxygen uptake. *Diabetes Care* 1998;21(8):1353-5.